

A2

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001187916 A**

(43) Date of publication of application: 10.07.01

(51) Int. Cl
F16C 19/22
F16C 33/34

(21) Application number: 11375660

(71) Applicant: **NSK LTD**

(22) Date of filing: 28.12.99

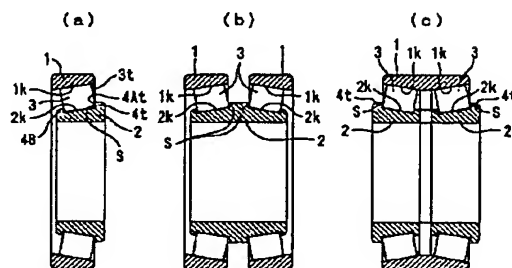
(72) Inventor: **TANAKA SUSUMU**

(54) **ROLLER BEARING**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a roller bearing which can effectively suppress occurrence of rolling fatigue, seizure, galling, and abnormal abrasion.

SOLUTION: A flange part 4t with which an axial end surface 3t of a roller 3 is slid at its inner side surface 4At is formed at least one of an end part inner peripheral surface of an outer ring 1 and an end part outer peripheral surface of an inner ring 2. In such a roller bearing, at least the roller 3 is made of high Cr steel containing Cr by 3% to 20%. A nitride layer having Hv 900 or more is formed on its surface layer, while its core hardness is Hv 550 or more.



COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-187916
(P2001-187916A)

(43) 公開日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(51) Int.Cl.⁷

F 1 6 C 19/22
33/34

識別記号

F I

F 1 6 C 19/22
33/34

ターミナル (参考)

3 J 1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-375660

(22) 出願日 平成11年12月28日 (1999. 12. 28)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社
東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 田中 進

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号
日本精工株式会社内

(74) 代理人 100066980

弁理士 森 哲也 (外2名)

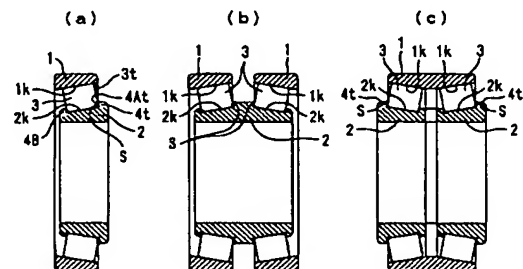
Fターム (参考) 3J101 AA13 AA16 AA24 AA25 AA42
AA43 BA10 BA53 BA54 BA57
DA02 EA03 FA31 FA33

(54) 【発明の名称】 ころ軸受

(57) 【要約】

【課題】 転動疲労寿命、焼き付き、かじり、異常摩耗等を極めて効果的に抑制できるころ軸受を提供する。

【解決手段】 外輪1の端部内周面と内輪2の端部外周面のうちの少なくとも一方の周面に、ころ3の軸方向端面3tと内側面4Atとが摺接する鍔部4tを有するころ軸受において、少なくともころ3は、Crを3%以上20%以下含有する高Cr鋼からなり、その表面層にはHv900以上の窒化層を備えると共に心部硬さがHv550以上である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内周面に外輪軌道を有する外輪と、外周面に内輪軌道を有する内輪と、前記外輪軌道及び内輪軌道に接触する転動面を有する複数のころとを備え、且つ前記外輪の端部内周面と前記内輪の端部外周面のうちの少なくとも一方の周面に、前記ころの軸方向端面と内側面とが摺接する鍔部を有するころ軸受において、少なくとも前記ころはC_rを3%以上20%以下含有する高C_r鋼からなり、その表面層にはHv900以上の窒化層を備え、と共に関心部硬さがHv550以上であることを特徴とするころ軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、各種機械装置に組み込んで回転支持部を構成するころ軸受に係り、特に、焼き付き、かじり、異常摩耗あるいは異物の噛み込み等による寿命低下を防止した転がり軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、転がり軸受は軌道面と転動面との間で転がり運動をして接触応力を繰り返し受けるため、構成部材の材料には硬くて負荷に耐え、転がり疲労寿命が長く、滑りに対する耐摩耗性の良いこと等が要求される。そこで、一般的には、軸受材料として軸受鋼であればSUJ2が、肌焼鋼であればSCR420相当の鋼材が用いられ、それらを焼入れしたり、浸炭または浸炭窒化処理した後焼入れしたりして、硬さをHRC58～64とし所要の寿命や耐摩耗性を確保している。

【0003】一方、大きな荷重が加わる回転支持部を構成するための転がり軸受としては、転動体に円筒ころ、円すいころ又は球面ころ等のころを使用したころ軸受が使用されている。円筒ころ軸受は、図3(a)、

(b)、(c)に示すように、内周面に円筒面状の外輪軌道1kを有する外輪1と、外周面に円筒面状の内輪軌道2kを有する内輪2と、これら外輪軌道1kと内輪軌道2kとの間に転動自在に設けた複数の円筒ころ3とから構成されており、さらに外輪1の端部内周面及び内輪2の端部外周面の少なくともいずれか一方には、鍔部4が設けられている。

【0004】また、円すいころ軸受は、図4(a)、

(b)、(c)に示すように、内周面に円すい凹面状の外輪軌道1kを有する外輪1と、外周面に円すい凸面状の内輪軌道2kを有する内輪2と、これら外輪軌道1kと内輪軌道2kとの間に転動自在に設けた複数の円すいころ3とから構成されており、さらに内輪2の両端部外周面には、鍔部4A、4Bが設けられている。大径側端部外周面に形成した鍔部4Aの内側面4Atは、円すいころ3の大径側端面3tに対向しているため、両対向面3t、4Atは接触して楕円形の接触部Sを形成する。この接触部Sは外輪1と内輪2との相対回転に伴うころ3の転動に伴って円周方向に移動しながら互いに擦

れ合い、ころ大径側端面3tがスラスト荷重を支承しつつ鍔部内側面4Atと摺接するための摺接面として機能する。

【0005】このような鍔部4tを備えたころ軸受は、玉軸受に比較して高剛性、高負荷容量ではあるが、トルクが大きく、さらに例えば高速回転域において摺接面である接触部Sで焼き付きが発生しやすいため、使用回転数が制限される。そこで、従来は、互いに摺接する2面3t、4At間の合成粗さ($\sigma_1^2 + \sigma_2^2$)^{1/2}を可及的に平滑な面に仕上げ加工を行ない、摩擦抵抗を幾分軽減されるようにしている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ころ軸受を組み込んだ装置が起動後急加速される使用態様の場合、あるいは高温、高速下で使用される例えばガスタービン、ジェットエンジン、ターボチャージャー、工作機械、圧延機、鉄道車両用駆動装置等に組み込まれたころ軸受の場合には、上記対策だけでは十分ではなく、接触部Sにおいて、やはり焼き付きが生じ易いという問題がある。

【0007】一般的にいえば、焼き付きとは、潤滑不良とか過大荷重の下で、部材同志の接触面において摩擦熱による局所的な温度上昇が起こり、凝着しやすくなるために起こる現象と考えられるが、ころ軸受の場合には、玉軸受にはない下記要因が焼き付きを加速させる場合がある。例えば、円すいころ軸受が回転作動すると、ころ大径側端面3tと内輪鍔部内側面4Atとは互いに摺接し、十分な潤滑油膜が形成されない場合には、摩擦のためころ3が転動方向に対して比較的大きく傾く現象、所謂スキューを引き起こす。この様なスキューが発生すると、その結果接触部Sが正規位置から外周縁側にずれる。このずれが大きくなると、接触部Sはころ3の外周縁部に形成されている面取り部まではみ出し、接触部Sの面積がその分減少するため接触部S全体の接触圧が増大して油膜厚さが減少する。また、ころ3の面取り部と大径側端面3tとの境界部に存在する小さな曲率半径を有する角部が、接触部Sの端縁を構成する結果、この端縁の近傍部分では大きなエッジ応力が作用して潤滑油膜が破断し易くなり、この部分で金属同士が接触しやすくなって、かじり、焼き付き等の損傷が生じやすくなるのである。

【0008】この様な原因によるころ軸受の損傷は、特に円すいころ軸受の場合に顕著に表れるが、円筒ころ軸受や自動調心ころ軸受でも、何れかの軌道輪に鍔部が設けられている場合には発生することがある。そこで、近年では、このような焼き付きあるいはかじり等の問題に対して、鍔部内側面に潤滑油溝を形成したり、または内輪軌道面もしくは円錐ころ転動面に潤滑油溝を形成したりして潤滑油量を確保し、耐焼き付き性能を向上させることが提案されている。

【0009】その中の具体的な例として、特開平5-240254号がある。この発明は、電解放電加工により、微小ピットを転動面あるいは軌道面に加工し、それを規則的に配列して設けることにより、接触部に潤滑油を確保し、潤滑特性を向上させるものである。しかしこの場合、微小ピット径が加工用の電解液をジェット噴射するノズル径に左右されるために直径100 μ m程度に限定されてしまい、場合によっては、ピット縁起点破壊が懸念されると同時に、加工に多大な時間を要するため大幅なコストアップが避けられないという問題がある。

【0010】また、特開平6-241235号には、ショットピーニングあるいはショットブラストにより鍔部のころ案内面（内側面）に微小凹部を設けることにより、焼き付きを防止する方法が提案されている。しかし、ショットピーニングあるいはショットブラスト等の手法で鍔部内側面に微小な窪みを形成しようとする、ワークに対してショット方向が限定されてしまい生産性に欠けるのに加え、そもそも潤滑油を保持する効果的な窪みを得ることができないという問題がある。

【0011】また、特開平7-12133号には、先に述べたように、ころの面取り部と大径側端面との境界部に存在する角部に起因したエッジ応力によってかじり、焼き付き等の損傷が生じやすくなることから、このエッジ応力を緩和させるために、鍔の内側面と摺接するころの端面と面取り部とのつなぎ部分である角部を、バレル加工により曲率半径が0.3mm以上のなめらかな曲面とすることで、焼き付きを防止する提案がなされている。しかし、この発明も、焼き付き加速要因であるスキュー時の対策であって、例えば、円すいころ軸受を組み込んだ駆動装置が起動後、急加速した際に接触部の油膜が掻き取られて潤滑不良となったり、その他高温あるいは高速で使用される場合にはやはり十分な対策とはならない。

【0012】近年、転がり軸受の使用環境は、高温あるいは高速化の傾向がある。これに対処するべく、摩耗や焼き付きが問題となるような機械装置の場合、玉軸受であれば、転動体である玉を窒化珪素セラミックスで構成したハイブリッド軸受が主流となりつつある。窒化珪素セラミックスは極めて摺動性が高く、摩擦・摩耗を著しく抑制できることに加えて、焼き付きやかじりも生じにくい。したがって、ころ軸受のころを窒化珪素セラミックスで構成した場合、鍔部内側面ところの端面との接触部Sにおける摺動性が格段に向上し、鍔部の摩耗損傷を著しく抑制できると考えられる。しかし、一般の軸受鋼で構成した場合に比較して、ころを窒化珪素セラミックスで構成すると、著しくコストアップしてしまう。

【0013】さらに一方で、転がり軸受は使用環境等の外部的な要因で著しく短寿命になる場合がある。例えば、自動車のトランスミッションのような機械装置の場

合、ギヤの相対接触、摺動により微細な摩耗粉が発生する。このようにして発生した異物は、潤滑油を介して軸受内部にも侵入し、転動体と内輪あるいは外輪の転動面に噛み込まれたときに転動面に圧痕をつけて、剥離寿命を促進するのである。

【0014】なお、異物混入下の転がり寿命に関しては、NSK Technical Journal No. 656 (1993) に、軸受鋼あるいは浸炭鋼に浸炭あるいは浸炭窒化処理を施して、表面層の残留オーステナイト量を高めつつ適正化することによって、圧痕縁の応力集中が緩和されて長寿命化できることが報告されている。

【0015】本発明は、このような従来技術の問題点に着目してなされたものであり、その目的とするところは、ころ軸受の転動疲労寿命はもちろんのこと、ころ軸受の焼き付きやかじりあるいは異常摩耗等を極めて効果的に抑制することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】まず、異物に対する寿命延長の手段としては、先に述べたように残留オーステナイトを適正化することによって圧痕縁の応力集中を緩和させる方法があるが、一方、硬さを著しく高め、異物に対して圧痕あるいは傷そのものを付きにくくすることでも同様の効果が期待できると考えられる。

【0017】本願発明者らは、表面改質により、且つ異物が存在する潤滑条件において圧痕そのものを付きにくくすることにより、さらに耐熱性、摺動性を高め、焼き付きにくくし、ひいては転がり軸受を長寿命化できないかとの見地にたって鋭意検討した。表面改質にはPVD法やCVD法等の蒸着あるいはめっき法等があるが、これらにより得た改質被膜は所謂デポジットしたものであり、摺動性には優れるものの複雑形状品の表面に均一な改質層を形成させることは非常に難しい。且つ高いせん断応力がかかる転動部材に適用しても、母材と被膜との界面強度が不足して容易に被膜の脱落が生じ、これらが異物となって転動面に噛み込まれ、かえって軸受寿命が低下してしまう。

【0018】そこで、本願発明者らは、拡散性改質処理である窒化処理の適用可否を検討した。窒化処理には塩浴窒化、ガス窒化、イオン窒化処理等があり、古くから機械部品の表面処理法として利用されているが、基本的には摺動性を付与することを目的に実施されるのであって、従来、高いせん断応力を受ける転がり軸受等の転動部品に適用されたケースは少ない。

【0019】その中の具体的な例として、特開平10-131970号公報では、一般軸受鋼からなる構成部品の一つに窒化処理を施し、耐食性改善を図ると共に、表面層における窒化物の平均粒子径を1 μ m以下とすることで耐焼付性を向上させ、ウォーターポンプ等の自動車用エンジンの補機に好適な転がり軸受が提案されてい

10

20

30

40

50

る。しかし、この公報では窒化層表面の窒化物の平均粒子径を記述するのみで、転がり寿命への考慮が極めて不十分である。例えば表面に窒化層が形成された場合には、下地は非常に高い温度で焼戻しを受けることになるので、硬度が非常に低下する。転がり軸受においては、表面よりも幾分深い位置で大きなせん断応力を受けるため、下地に十分な強度が確保されていないと、表面の窒化層が容易に破損し、結果として疲労寿命の低下を招く。また、材料、窒化層の硬さあるいは深さ、その他ころ軸受に特有の問題点も考慮されてはいない。

【0020】そこで本願発明者らは、窒化処理技術を応用して、転がり寿命を確保しつつ、ころ軸受としての焼き付き特性及び異物混入潤滑下での寿命等を向上させることができないか詳細に調査した。その結果、①少なくともころをCrが3%以上含有されるM23C6型あるいはM7C3型のCr系炭化物を主体として含有する高Cr鋼で構成し、②これに窒化処理を行なうと表面層が摺動性の良好なHv900以上の窒化層として安定せしめられ飛躍的に摺動性が向上し、且つ、③十分な芯部硬度を確保することで、異物が混入する潤滑下における寿命をも著しく向上できることを見出して、本発明をなすに至った。

【0021】上記の目的を達成するために、本発明に係る請求項1記載のころ軸受は、内周面に外輪軌道を有する外輪と、外周面に内輪軌道を有する内輪と、前記外輪軌道及び内輪軌道に接触する転動面を有する複数のころとを備え、且つ前記外輪の端部内周面と前記内輪の端部外周面のうちの少なくとも一方の周面に、前記ころの軸方向端面と内側面とが摺接する鋸部を有するころ軸受において、少なくとも前記ころはCrを3%以上20%以下含有する高Cr鋼からなり、その表面層にはHv900以上の窒化層を備えると共に芯部硬さがHv550以上であることを特徴とする。

【0022】ここで、上記請求項1に係る発明であるころ軸受において、少なくとも前記鋸部内側面と摺接するころの軸方向端面の摺接面に、大きさが0.1μm以上5μm以下の微少な窪みを、面積率で0.5%、以上15%以下形成せしめたものとすることができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。本発明のころ軸受の部材を構成する鋼の材料成分その他について述べる。

【Cr】：ころの母材となる鋼としては、Crを少なくとも3%以上、好ましくは5%以上、さらに好ましくは8%以上含有し、含有する炭化物がM23C6型あるいはM7C3型を主体とする高Cr鋼を使用する。この高Cr鋼を窒化処理すると、最表面に生成する窒化層をHv900以上として安定せしめ、転がり寿命を確保しつつ極めて耐摩耗性、摺動性を向上させることができる。

【0024】また、炭素含有量とCr含有量との関係

は、

$$C\% \leq -0.05Cr\% + 1.41 \quad \cdots (1)$$

を満足するものとし、且つ炭素と窒素の総含有量が0.45%以上を満たす鋼を使用することが好ましい。上記関係式(1)を満たさない場合には、凝固過程で長径10μmを超える粗大な共晶炭化物が生成して、これが、応力集中源となって転動疲労寿命を低下させる場合がある。

【C】：炭素は、Crと結合して、硬くて粗大な炭化物になりやすいのに加えて、素材としての硬さを著しく高める元素でもあり、結果として加工性を阻害し、例えば、冷間加工性あるいは被削性等を低下させる。したがって、さらに好ましくは、炭化物あるいは加工性等の観点から、炭素の一部、少なくとも0.05%以上を窒素で置換したものを使用する。

【N】：窒素は耐食性を向上させる元素としても知られているが、炭素ほど加工性に悪影響を与えず、炭化物に関してはむしろ微細化させるほうに作用する。ただし、窒素は製鋼時に添加しようどすると溶解度が小さいためにブローホールとなって素材の健全性を損なう場合があり、通常の溶解法による場合には、0.2%以下に限定する。

【0025】また、上記成分に加えて、Mo、V、W、Nb、Al等の窒化物形成元素を複合的に添加すると、さらに高硬度化する傾向にあり、コストが許される範囲で添加してよい。

【芯部硬度】：窒化層よりも深いところでは、窒化処理による焼戻しを受けることになるが、その場合、母材に十分な耐熱性がないと軟化して、軸受が高負荷条件で作動した場合に窒化層よりも深い位置で大きなせん断応力を受けて、塑性変形を伴って表面硬化層の破損を招く恐れがある。そこで、芯部硬度を好ましくはHv550以上確保しておく。具体的には、母材となる材料の耐熱性と窒化処理温度との関係で決まるが、上記成分を有する鋼である場合には、それを満足することは可能である。これが、一般のSUJ2等の軸受鋼の場合には、母材に十分な耐熱性がなく、300℃以上でHv550以上を満足することは到底無理であり、一般に窒化処理温度は400℃～600℃であることから、実質、上記要件を満たすことは不可能である。さらに、SUJ2等の一般の軸受鋼であれば、Cr含有量も少ないため、Hv900以上の窒化層を安定して形成せしめることができない。

【窒化処理】：一般的に、窒化処理には、ガス窒化、塩浴窒化、イオン窒化等があげられるが、イオン窒化は量産性に欠け、処理物の形状などの影響も強く受けるため、転がり軸受等に適用するのは非常に難しい。また、一般のガス窒化は処理温度が480～600℃と比較的高く、その際、芯部は焼戻し作用により軟化して、軸受が高負荷条件で作動すると、下地の強度が不足して容易

に表面硬化層の破損を招く恐れがある。また、高Cr鋼の場合には、表面にCr酸化層が存在するため、窒化処理温度が低いとこれが窒化反応を阻害して安定に窒化層を形成させることが実質不可能となる。

【0026】そこで、本発明の窒化プロセスとしては、例えばNv窒化プロセス（大同ほくさん株式会社の商品名）が好適に使用できる。この処理は、窒化処理の前処理として、例えばNF₃（三フッ化窒素）等のフッ素系ガスを用いて、250～400℃程度でフッ化処理を行なうプロセスと、NH₃ガスによる窒化処理を行なうプロセスとからなっている。フッ化処理によって、窒化反応を阻害するCr酸化層が除去され、表面層に極薄いフッ化層が形成されて表面が活性化し、その後の窒化処理によって、非常に均一な窒化層を形成させることが可能となるため、例えば、420℃以下の極めて低い温度での処理も可能となる。

【0027】また、前記プロセスはあくまでも例示であって、例えば、塩浴窒化であっても、塩浴組成を改良することにより、より低温での処理が可能であるため、500℃以下であれば、塩浴窒化であっても良いし、さらに、その他浸流窒化等も採用可能である。その結果、当該窒化層には、(Fe、Cr)₂₋₄N、CrN、Cr₂N等の微細な窒化物が析出したHV900以上の窒化層が、浸流窒化の場合には、その窒化層のさらに最表面に硫化層が形成される。特に好ましくは、窒化層の硬さをHV1200～HV1400程度とするのが良い。その結果、摺動性だけでなく、異物が混入するような潤滑条件でも表面が非常に硬質であるため、キズそのものがつきにくくなり、転がり寿命も向上する。また、当該窒化層の厚さが厚すぎたり、不足したりすると、大きなせん断応力を受けた際に、窒化層内に亀裂が生じ窒化層が破損しやすくなったり、十分な摺動性が得られなくなる傾向にあるため、好ましくは化合物層の厚さを3μm以上であってころ直径Daの2%以下、ころ径が特に大きい場合等においてはさらに好ましくは100μm以下とする。

【微小窪み】：Fe₃Cよりも安定且つ硬質なM(Fe、Cr)₂₃C₆あるいはM(Fe、Cr)₇C₃等のCr系炭化物を未固溶炭化物として含有する場合には、表面にむき出しのこれら未固溶炭化物とマトリックスとの間で、窒化に伴う体積変化（膨縮量）に顕著な差が生じ、表面に微小な窪みが形成されることが判明した。この微小な窪みが潤滑油を保持（マイクロEHL効果とい*

*う) するのに加えて、表面層は非常に高硬度且つ摺動性に優れる窒化層に覆われているため、ころの摺接面において、これらの相乗効果によって著しく摺動性を向上させる作用がある。好ましくは、大きさが0.1μm以上5μm以下の微小な窪みを面積率で0.5%以上15%以下とする。当該窪みの大きさが0.1μm未満では潤滑油を保持する効果が少ないため、耐焼付性に対する効果が少なく、一方5μmを超えると軸受寿命が低下する（図1参照）。また、面積率で0.5%未満では耐焼付性が劣り、一方15%を超えると軸受寿命が低下する。

【0028】なお、一般にころを窒化処理して表面に窒化層を設けると、ころ径は膨張し、膨張量のばらつき等も考慮すると軸受のすきま管理が難しくなるので、窒化処理後、転動面は仕上げ研削しても良いし、研削後のばり取りのためにバレル加工等を施しても良い。

（実施例）以下、本発明の実施例と比較例とについて実施した寿命試験、耐焼付性試験により、本発明の効果を詳しく説明する。

【0029】寿命あるいは焼き付き評価には、円すいころ軸受を用い試験を実施した。試験条件を以下に示す。なお、軌道輪にはSCM440相当の鋼に浸炭窒化処理して、表面層の残留オーステナイト量を30～40%にして異物混入潤滑下での耐久性を向上させたものを使用し、ころの形態を種々変えて評価を行った。寿命については、ころが破損するまでの累積応力繰返し回数（寿命）を調査してワイブルプロットを作成し、そのワイブル分布の結果からそれぞれのL₁₀寿命を求めた。

【0030】また、焼き付き試験においては、潤滑油を供給しつつ下記条件で内輪を運転した状態で、潤滑油の供給を停止し、トルクが急上昇するまでの時間を測定することで評価した。表1には、ころに使用した材料を、表2には実施例および比較例の形態を示す。

【0031】

【表1】

材料	C (wt%)	Cr (wt%)	備考
M-1	0.80	4.00	M50
M-2	0.79	8.00	—
M-3	0.65	12.89	—
M-4	0.45	13.02	0.14%N
M-5	1.02	17.10	SUS440C
M-6	1.07	1.51	SUJ2
M-7	0.40	1.02	SCM440

【0032】

【表2】

実施例 ／比較例	記号	材料	熱処理	表面硬さ (Hv)	芯部硬さ (Hv)
実施例	A-1	M-1	窒化	1021	760
	A-2	M-2	窒化	1156	657
	A-3	M-3	窒化	1290	683
	A-4	M-4	窒化	1367	703
	A-5	M-5	窒化	1273	691
比較例	B-1	M-6	SUJ2(すべり入れ)	756	—
	B-2	M-7	浸炭窒化	788	452
	B-3	M-6	窒化	732	412

【0033】なお、ころは、所望の形状に加工した後、焼入れ、焼戻しを行なって窒化処理に供した。窒化処理には大同ほくさん株式会社のNV窒化プロセス（処理条件：410℃×12～48時間）を採用し、10～40μm程度の窒化層を付与した。表面硬さ及び芯部硬さは荷重100gでピッカース硬度を測定した。

（異物混入潤滑下寿命試験）

試験軸受：L44649/610

P/C：0.43油浴潤滑

試験温度：130℃

回転速度：4000rpm

混入した異物：Hv870、径74～147μm、量150ppm

（焼き付き試験）

試験軸受：HR30206C

スラスト荷重：4.0kN

回転速度：6000rpm

給油停止前給油量：480cc/分

潤滑油：ギア油（180cSt/40℃）

表3に、評価結果を記載した。

【0034】

【表3】

実施例 ／比較例	記号	L10寿命 (時間比)	耐焼付性 (時間比)
実施例	A-1	4.6	8.9
	A-2	6.8	9.1
	A-3	7.2	10.2
	A-4	8.4	11.3
	A-5	3.1	7.8
比較例	B-1	1.0	1.0
	B-2	2.6	2.6
	B-3	0.5	1.6

【0035】なお、評価結果は、すべて従来鋼であるSUJ2を示すB-1を1とした場合の比で記載した。表から実施例の寿命、耐焼付性が比較例に比べて格段に優れていることが分かる。これに対して、比較例であるB-1はころがSUJ2をずぶ焼入れした場合の例であるが、寿命、耐焼付性ともに実施例に比較して劣っている。またB-2はSCM440相当の鋼に浸炭窒化処理した場合の例であるが、B-1には勝っているもののやはり寿命、耐焼付性ともに実施例に比較して劣っている。また、B-3はSUJ2を窒化処理した場合の例であるが、材料上の窒化特性から十分な表面硬さが得られず、寿命、耐焼付性ともに実施例に比較して劣っており、芯部硬さが窒化処理によって軟化してL10寿命に関してはかえって短寿命となった。

【0036】また、本願実施例においては、すべてにおいて、比較例よりも寿命、耐焼付性ともに優れている。

（微小窪みに関する評価試験）本願発明者はM23C6あるいはM7C3型の炭化物を含有する鋼に窒化処理を行なうと、表面にむき出しのこれら炭化物と基地との窒化処理の際の膨縮量の差によって、表面に微小窪みが生産することを見出した。そこで、軸受性能に及ぼすこれ

ら微小窪みの影響についても詳細に調査を行なった。なお、材料がSUJ2である場合には、窒化処理後に明瞭な微小窪みが確認できなかった。

【0037】図1、図2は表1記載のM3～M5の材料を用いて、焼入れ温度を変えることにより未固溶炭化物の形態（量、大きさ）を種々変化させた場合の寿命および耐焼付性を評価した結果を示す。なお、摺接面表面に形成された微小窪みの大きさ及び面積率は、5000倍でSEM観察した後、画像解析して求めた。なお、微小窪みの大きさは、1試料につき400μm²×3視野観察し、大きさが0.1μm以上の窪みを対象に、大きい方から10%を抜き取り、それら窪みの平均径で記載した。また、微小窪みの面積率については、同様に1試料につき400μm²×3視野観察し、大きさが0.1μm以上の微小窪みの総面積率を算出して記載した。

【0038】図より、窒化層表面に形成された微小窪みの大きさが5μm以下で且つ面積率が0.6%以上の場合に、特に良好な軸受性能が得られた。微小窪みの大きさや面積率が大きくなるということは、未固溶炭化物の大きさや量が増加することを意味している。微小窪みの大きさが5μmを超える場合に寿命が低下するのは、未固溶炭化物が非常に大きく、それらに応力集中しやすくなるためか、あるいは形成された窪みが非常に大きく、窪みの縁から破損しやすくなるためであると考えられる。

【0039】これは、表3に記載した寿命からも明らかで、上記画像解析によって求めた大きい方からの炭化物5%平均値がA-3、A-4が6μm以下、特にA-4においては2μm以下であるのに対し、A-5では8μm程度と非常に大きく、寿命がややA-3、A-4に比較して劣っていることから理解できる。したがって、好ましくは未固溶炭化物の大きさは5μm以下とするのが良い。

【0040】また、耐焼付性に関しては、微小窪みの面積率が0.5%以上である場合に特に顕著に改善が認められた。また、それが10%を超えると次第に耐焼付性が低下する傾向にあり、好ましくは、10%以下とする。以上、説明したように、本願発明は異物が混入するような環境での寿命を改善でき、さらに耐焼付性をも改善できるという効果がある。

【0041】また、コストが許される場合には、軌道輪もころ同様に表面層に窒化層を設けるとさらに信頼性が向上するため、より好ましい。以上、ころとのすべり面について説明したが、完成加工後に窒化処理して、本発明のころとすることもできる。

【0042】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明のころ軸受は、少なくともころの表面に高硬度且つ摺動性に優れる窒化層を付与したことにより、異物が混入するような潤滑条件や回転速度や使用温度が大きい場合等、潤滑条

件が厳しい場合の転がり寿命や焼付寿命を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

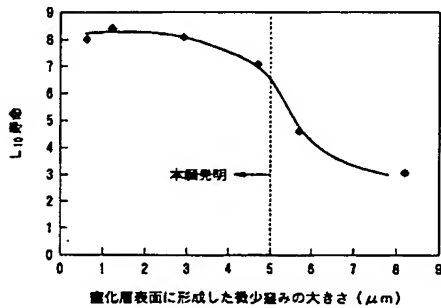
【図1】窒化層表面に形成した微小窪みの大きさと軸受寿命との関係図。

【図2】窒化層表面に形成した微小窪みの面積率と軸受焼付き時間との関係図。

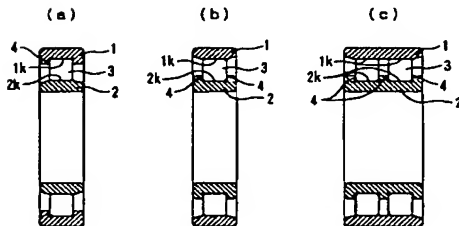
【図3】各種円筒ころ軸受の概略を示す断面図。

【図4】各種円すいころ軸受の概略を示す断面図。

【図1】



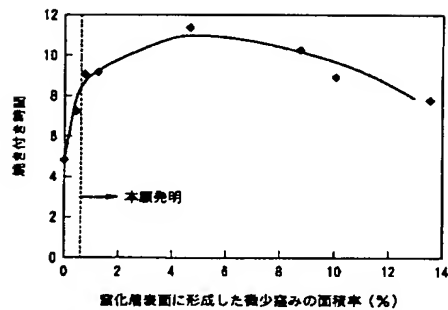
【図3】



【符号の説明】

- 1 外輪
- 1 k 外輪軌道
- 2 内輪
- 2 k 内輪軌道
- 3 ころ
- 3 t ころ端面
- 4 鋸部

【図2】



【図4】

